

Оценка технологических перспектив сейсморегистрирующей нодальной системы Alwev в производственных работах компании Алроса

- Махортов И.Р., Шарафутдинов В.О., ООО «НОВЫЙ ВОСТОКГЕО», г. Тюмень.
- Блохинов Д.С., Николаев Ф.А., ВГРЭ АК АЛРОСА (ПАО), г. Мирный.

Резюме

В ходе опытно-производственных испытаний, прошедших в процессе производственных сейсморазведочных работ, проводимых компанией АЛРОСА, была реализована оценка возможности проведения сейсмических исследований кабельно-бескабельной системы. Работы проводились в 20-ти километрах от г. Мирный, Мирнинский район, Республика Саха (Якутия). В качестве бескабельной системы была использована система ALWEV в кол-ве 200 шт. Кабельной системой служила Sercel 428XL, кол-во приемников 1300 шт. В качестве источника возбуждения применялся КЭМ-4К. В результате успешной синхронизации и объединения массива данных, полученных от обеих систем, был сформирован единый массив, пригодный для дальнейшей обработки. Система Alwev, представленная на проект ООО «НОВЫЙ ВОСТОКГЕО» показала свою технологическую функциональность и широкие возможности для работ в сложных сейсмогеологических условиях России, в том числе и на Крайнем Севере.

Введение

Использование комбинированной системы открывает новые возможности для проведения сейсморазведочных работ в условиях, где использование крупного автотранспорта было затруднительно. Это позволяет осуществлять съемку на труднодоступных участках и объединять профили, отработанные с разрывами в единый массив данных, для последующей обработки и более качественного решения геологических задач. При создании, так называемых, гибридных расстановок, лучшим решением для отработки сложноступных участков является использование нодальных автономных модулей. Простых в работе, надежных в эксплуатации, недорогих по цене.

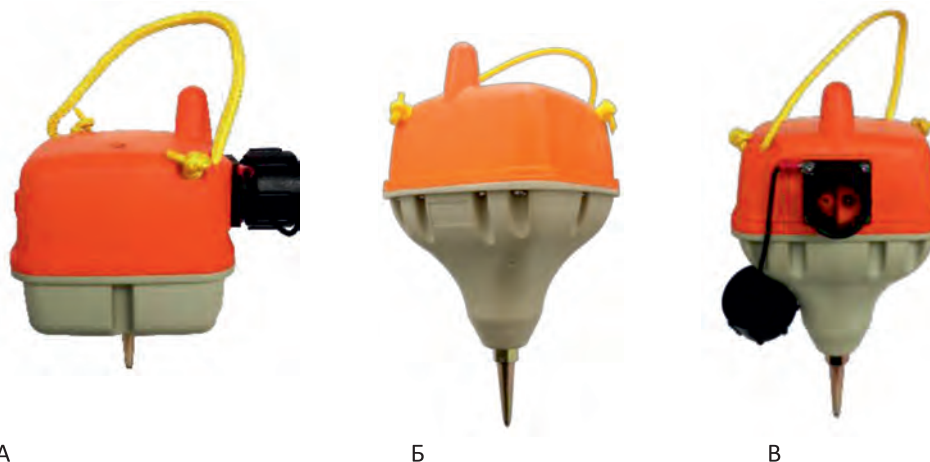
Компания АЛРОСА проводящая сейсморазведочные исследования в экстремальных условиях Якутии – сложный рельеф, низкие температуры и удаленность от развитой инфраструктуры - оценивает возможность применения

нодальных систем на своих проектах.

Характеристики системы Alwev, производитель «Zhuzhou Chenjia Electronic Technology Co., Ltd.»

Блок сбора данных (БСД) Alwev обеспечивает стабильную и надежную работу. После развертывания БСД Alwev автоматически активируется и начинает сбор данных. Помимо контроля качества по цвету индикатора, в режиме реального времени можно отслеживать рабочее состояние БСД (напряжение батареи, память, GPS, сопротивление геофона, шум, наклон). Три типа методов контроля качества - ручной контроль линии, контроль линии с помощью автомобиля и беспилотный контроль линии - адаптированы к различным условиям построения системы. БСД 4G позволяет осуществлять мониторинг и передачу данных в режиме реального времени.

По сравнению с другими аналогичными беспроводными системами сбора геофизических данных, представленными



▲ Рис. 1. Блок сбора данных Alwev в различных модификациях:

А - 2 в 1, с внешним геофоном,

Б - 3 в 1 со встроенным геофонным элементом,

В - 3 в 1 Плюс со встроенным геофонным элементом + внешний геофон (струна).

ми в отрасли, система Alwev имеет следующие преимущества:

- Настоящий 32-битный $\Delta\Sigma$ (дельта-сигма) АЦП позволяет достичь динамического диапазона системы Alwev до 125 дБ (@2мс/0дБ); в других аналогичных продуктах обычно используются 24-битные процессоры аналого-цифрового преобразования.

- Сейсмический датчик YF Solo с частотой 5 Гц и чувствительностью 80 в/м/с позволяет блоку сбора данных Alwev иметь частотную характеристику в диапазоне 0 ~ 1650 Гц.

- Быстрый поиск спутников и высокая точность позиционирования. Точность позиционирования после сближения может достигать субметрового уровня.

- Смещение времени GPS < 60нс, точность временной метки < 10мкс, что лучше, чем у других аналогичных продуктов.

- БСД Alwev может непрерывно работать более 20 дней при температуре до -40 -50°C и более 30 дней в обычных условиях.

- Встроенная интеллектуальная стойка зарядки/загрузки. Конфигурация параметров сбора данных, режим работы,

самотестирование, обновление ПО, зарядка БСД и загрузка данных не представляют сложности, из оборудования требуется только интегрированная стойка зарядки/загрузки. Время зарядки около 3 часов. Скорость загрузки выше 20 МБ/с.

- Простой пользовательский интерфейс и удобное использование вспомогательного ПО. Возможность гибкой настройки режима работы: непрерывный или периодический сбор данных. Высокая скорость синтеза и сегментации данных.

- Полный комплект оборудования для синхронизации. У нас имеется аппаратура регистрации ТВ для вибросейсморазведки и контроллером выстрела (бластером) для взрывного источника, программное и аппаратное обеспечение не зависит от сторонних производителей.

- Все аппаратное и программное обеспечение может настраивается в соответствии с нуждами заказчика.

Характеристики БСД Alwev

Параметры самотестирования БСД включают: эквивалентный входной шум (Noise), общие гармонические искаже-

▼ Табл. 1.

Вес	1.4кг
Размеры	122мм×108мм×152мм (203мм со штырем)
Рабочая температура	-50°C ~ +85°C
Продолжительность непрерывной работы	30 дней @ 24 часа
Емкость памяти	16 ГБ (опционально: 32 ГБ)
Тип источника	Источник динамита, пневматический пистолет, молоток, вибратор.
Стандарт защиты	IP67
Разрешение АЦ	32-битное
Шаг дискретизации	0.5, 1, 2, 4 мс
Программируемый коэффициент усиления	1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 дБ
Диапазон частотных характеристик	0 ~ 1650 Гц
Точность синхронизации	± 10 мкс
Максимальный входной сигнал	± 2.5 среднеквадратическое напряжение при 0 дБ
Динамический диапазон	125 дБ при 2 мс/0 дБ
Эквивалентный входной шум	0.4 мкВ при 2 мс/12 дБ
Общие гармонические искажения	≤ -114 дБ при 0 дБ
Коэффициент ослабления синфазных сигналов	≥ 100 дБ
Точность усиления	≤ 0,4%

ния (THD), коэффициент ослабления синфазных сигналов (CMRR), динамический диапазон (DynRange) и стабильность усиления (GainACC).

К параметрам испытания сейсмоприемника относятся: сопротивление (Resistance), демпфирование (Damping), частота (Frquency), чувствительность (Sensitivity).

В системе Alwev существует возможность контроля статусов блоков полевой расстановки посредством мобильного

портативного устройства проверки линии, перемещаемого по площади работ посредством (Рис.2). В число элементов, контролируемых портативным устройством проверки линии, входят: Номер станции (Station), ID БСД узла (NodeID), координатор БСД узла (RealX,RealY), напряжение (Voltage), накопитель (SD), GPS, сбор данных (Acquisition), сопротивление сейсмоприемника (Resistance), статус АЦ (AD).

Помимо мобильных устройств мони-



▲ Рис. 2. Схема развертывания системы Alwev в полевых условиях.

торинга статусов возможно использование Базовой станции мониторинга. Базовая станция мониторинга взаимодействует с планшетным компьютером по Bluetooth и связывается с БСД по радиоканалу. Базовая станция мониторинга может применяться для мониторинга с транспортных средств, беспилотных летательных аппаратов, а также для мониторинга с помощью переходной передачи. Дальность связи базовой

станции зависит от характеристик антенны, места установки, высоты, окружающей среды и других факторов. Например: при отсутствии больших препятствий и высоте антенны три метра, установленной на крыше технологического вагона, дальность связи составляет 500-700 метров.

Опытно-производственные работы с кабельно-бескабельной системой

Параметры применяемой методики следующие:

- длина расстановки – 1600 м
- шаг ПВ – 40 м
- шаг ПП – 5
- кол-во активных каналов – 321
- кратность – 20
- источник – КЭМ-4К (2 в группе)
- кол-накоплений – 8 шт
- шаг дискретизации – 1 мс
- длина записи – 2с

Перед установкой бескабельного оборудования на линии приема были проведены:

- разбивка пунктов регистрации геодезистом с передачей данных для формирования RPS файла;



◀ Рис. 3. Район проведения опытно-промышленных работ.

► Рис. 4.
Проведение
теста
идентичности
оборудования
на базе сейсмо-
партии.



- формирование SPS файлов;
- программирование нодов: тип фильтра, тип подключения, шаг дискретизации, тип подключенного геофона;
- проведение инструментально-полевых тестов в стойке для скачивания и зарядки нодов.

На одном из профилей были установлены ноды Alwev для регистрации параллельно кабельному оборудованию Sercel с подключенным одиночным геофоном 10Гц : 85 нодов с внутренним геофоном 5 Гц, 85 нодов с внешним подключением 10 Гц и 30 нодов с внешним подключением 100 Гц. Шаг ПП составлял 5 метров, ПВ 40 метров. Привязка нодов к линии и точки приема проводилась без координат RPS файла в ручном режиме с использованием сканера по QR коду, который расположен на ноде.

В дальнейшем на другом профиле было установлено 200 нодов Alwev для регистрации с внутренним геофоном 5Гц параллельно кабельному оборудованию Sercel с подключением внешнего геофона 10Гц. Шаг ПП составлял 5 метров, ПВ 40 метров. Привязка нодов к линии и точки приема проводилась автоматически после скачивания материала, сервер сравнивал координату нода регистрации и сам присваивал себе ближайший

▼ Рис. 5. Расстановка оборудования на опытном профиле.



номер линии и точки регистрации к предоставленным координатам в RPS файле. После установки на линии регистрации нодов в обоих случаях проводилась проверка работоспособности нода с помощью сканера, а также визуально по световому индикатору, который расположен на ноде.

Проведение «прыжковой» технологии опроса полевой расстановки

«Прыжковая» технология является отличительной особенностью данной бескабельной системы. С помощью планшета и базовой радиостанции проводилось подключение к одному из нодов, после чего данный нод сам связывался по радиоканалу со следующим нодом и т.д. Рассматриваемая технология позволяет контролировать состояние развернутой линии: наличие нодов, наличие спутников, наклон датчика, состояние памяти и батареи, уровень шумов. Ноды устанавливались на базе сейсмопартии с дистанцией между ними 25-30 метров с особенностью в том, что между нодами присутствовали различные искусственные препятствия в виде вагонов, спецтехники и т.д.

Антенна радиостанции располагалась в технологическом вагоне. С помощью файла привязки нодов, сопоставили номера нодов и пикетов. Технология «мониторинга» отображает ноды, находящиеся в зоне «видимости» антенны, позволяет также контролировать состояние развернутой линии: наличие нодов, наличие спутников, наклон датчика, состояние памяти и батареи, уровень шумов.

Проводилась оценка разряда аккумуляторных батарей нодов Alwev: 3 нода производили постоянную регистрацию данных с проведением ежедневных полевых тестов в период с 17.12.2024г. по 25.12.2024г. За оцениваемый период

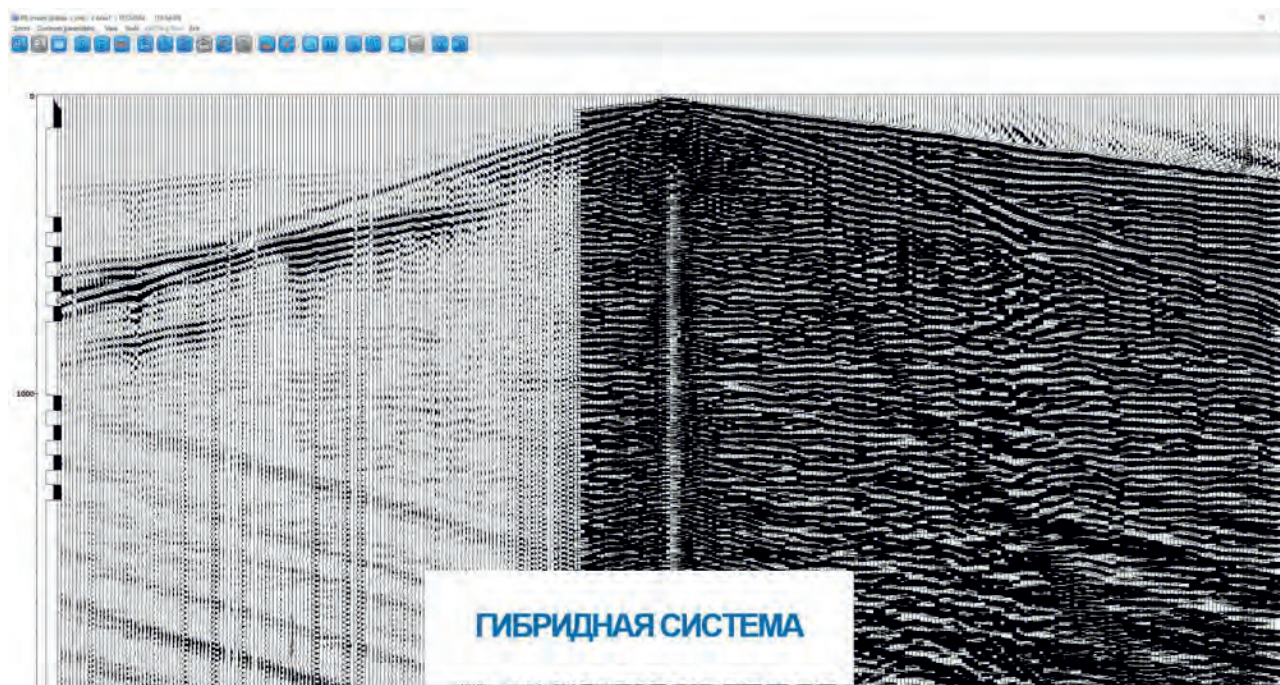
работы при внешних температурах минус 20-25 градусов, снижение заряда батарей не превысило 9%.

После сравнения данных с кабельной системой было замечено, что некоторые ноды записывали материал менее эффективно, чем кабельная система. У этих каналов наблюдался повышенный уровень шума и более низкая амплитуда сигнала, что, возможно, связано с тем, что ноды были установлены на менее плотном снегу. В связи с этим возникает идея о необходимости удлинить штырь нода для улучшения контакта с поверхностью земли или снега, что может способствовать получению более качественного сигнала.

Сопоставив материал, инженеры заказчика смогли соединить данные регистрации в одну сейсмограмму с использованием двух типов оборудования, это говорит о том, что при комбинированной работе кабельной и бескабельной системы Alwev полностью работоспособна и может с легкостью работать как с привычными нами кабельными системами, так и отдельно, а также с системами синхронизации сейсмозвуждений Российского производства.

Частотные характеристики на сейсмическом материале не сопоставлялись, поскольку в SerceI использовались YF-SOLO 10Hz, а ALWEV 5 Гц геофоны. Основная задача, решаемая проводимым тестом – провести запись двумя отдельными системами и получить единый массив данных для последующей обработки.

После приемки работ были проверены заголовки FFID и rec_sloc (record station location). Для объединения данных использовали модуль объединения данных (Append), предварительно отсортировав данные по ключам FFID и rec_sloc. Это позволило отсортировать трассы внутри ОПВ согласно их положению.



▲ Рис. 6. Сейсмограммы ОПВ до приведения амплитуд.

Данные записывались параллельно с Sercel, поскольку ОМР шел параллельно с производственными работами.

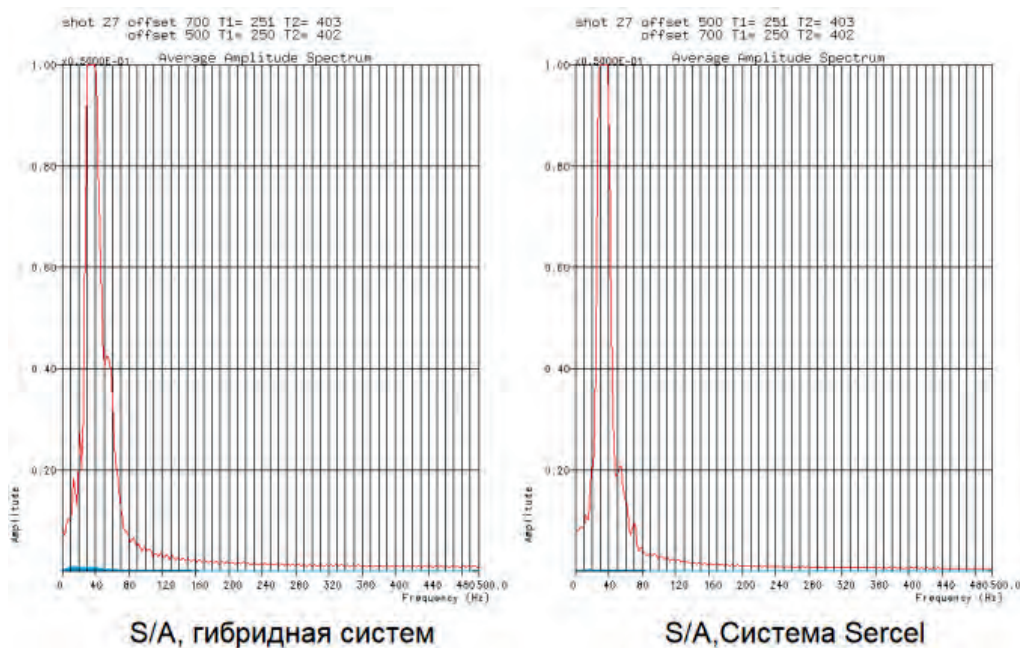
Видно, что левая часть гибридной системы имеет пониженный уровень амплитуд, относительно данных, записанных оборудованием Sercel. При этом АЧХ сейсмических данных сопоставимы. (Рис.7). Для получения единого массива данных, было принято рассчитать повер-хностно-согласованные коэффициенты

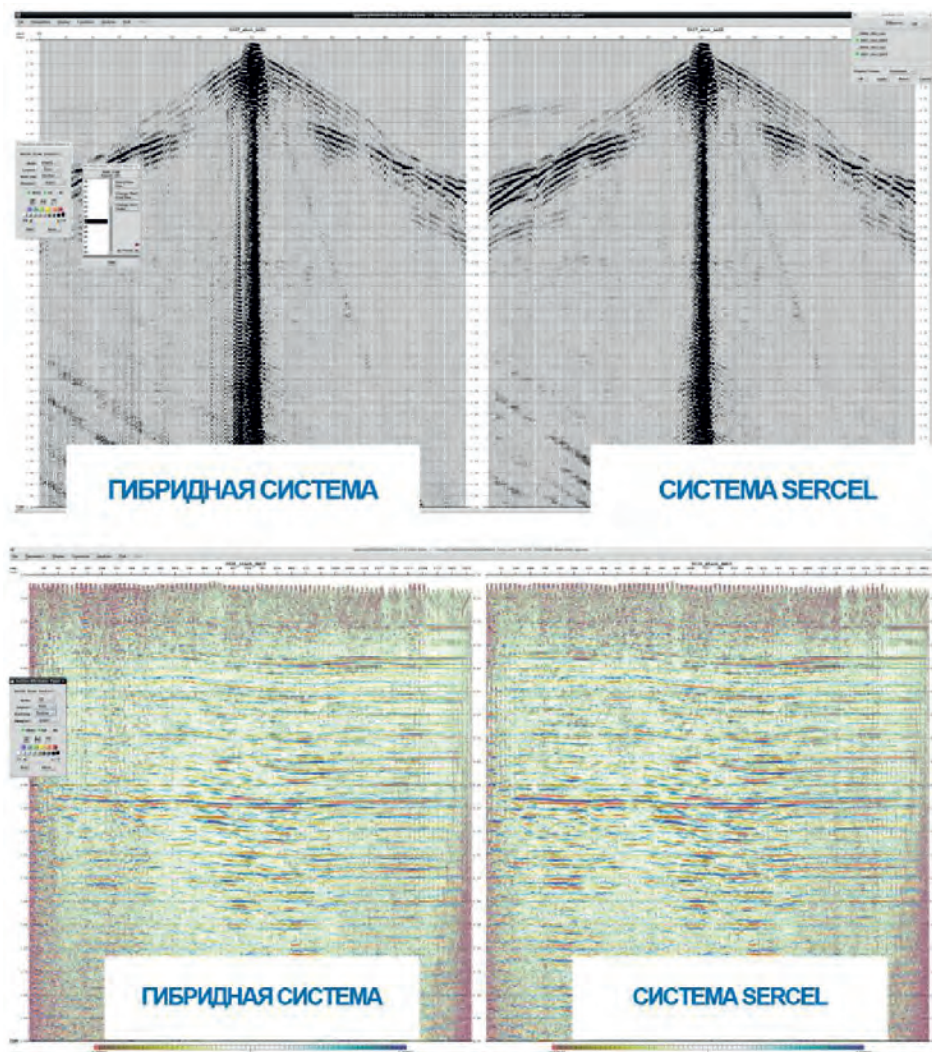
по ключам ПВ и ПП.

Результат применения таких коэффи-циентов влияния ВЧР дал положитель-ный результат.

Данные были признаны пригодными для дальнейшей обработки. Уровень микросейсм отличался, но в основном в расчете участвовали техногенные поме-хи до 60 Гц, а частотная область выше 60 Гц микросейсм была практически иден-тичной.

► Рис. 7. АЧХ сигналов.





◀ Рис. 8. Процессинг данных. Суммы ОГТ после предварительной динамической обработки.

Дальнейшие перспективы развития технологии Alwev в России

Сейсморазведка в сложных условиях требует интеграции бескабельных модулей в процесс регистрации для достижения максимальной эффективности. В разнообразных сейсмогеологических условиях использование бескабельных технологий становится необходимым. Чем надежнее и адаптивнее ноды для гибридных систем, тем больше приемных пунктов можно реализовать с их помощью, что позволит ускорить процесс сейсмологических исследований и значительно сократить затраты.

Компания Alwev предлагает готовое решение для создания комбинированных систем наблюдения, которые объединяют преимущества как кабельных,

так и бескабельных технологий. Адаптация данной нодальной системы под российские стандарты и требования будет осуществляться с учетом рекомендаций и предложений, выработанных в ходе проекта совместно со специалистами Вилюйской геологоразведочной экспедиции АК «АЛРОСА».

Такое инновационное решение обеспечивает высокую эффективность регистрации данных и гибкость в настройках под различные условия. Использование комбинированных систем не только повышает производительность работ, но и оптимизирует ресурсы, обеспечивая высокое качество получаемых данных. Это делает предлагаемые технологии важным инструментом для успешного проведения сейсморазведки.